

482

C. y A. Caboz no 19 Tom.

DEL MÉTODO

EN LAS

CIENCIAS FÍSICAS

POR

DON JOSÉ CABELLO Y ROIG

CATEDRÁTICO POR OPOSICION

DE FÍSICA Y QUÍMICA

EN EL INSTITUTO DE CABRA



VITORIA:

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJOS DE ITURBE.

1881.



DEL MÉTODO EN LAS CIENCIAS FÍSICAS.

I.

INTRODUCCION,



No nos proponemos empezar bosquejando los rápidos progresos que en nuestros días verifican estas ciencias, porque de tal modo se han infiltrado en nuestra existencia que no hay quien no tenga idea de las mismas; pero lo que ignoran en su inmensa mayoría los que disfrutan de sus beneficios es el modo como han llegado á tan próspero estado; y á divulgar este secreto tiende el presente trabajo con el fin de despertar la afición á su estudio, no concretándolo á aprender lo que otros descubrieron, sino procurando que se dirija este á la adquisición de nuevos conocimientos, para entrar de lleno en el movimiento científico de las otras naciones, del cual hasta ahora hemos sido meros espectadores debido á dos causas principales. Es la primera la falta material de medios de investigación. No suelen poseer grandes bienes de fortuna los que dedican su vida al cultivo de la ciencia, y los que han tenido á su disposición los gabinetes de nuestros establecimientos de enseñanza se han encontrado con existencias en su mayor parte formadas por aparatos adquiridos de Real Órden, duplicados é inútiles no ya para investigaciones de alguna importancia sino para la demostración en las clases, y como complemento cantidades exiguas, cuando se han asignado algunas, con que enriquecer los gabinetes base indispensable de todo progreso en las ciencias físicas. Es la segunda lo defectuoso de nuestra enseñanza y de nuestros libros así como de la mayor parte de los que de nuestros vecinos hemos recibido. Unos y otros nos han presentado el conocimiento hecho de una pieza sin cuidarse de mostrarnos su origen, ni el modo como se formara. Nos han enseñado, por ejemplo, cómo las leyes del movimiento uniformemente acelerado se comprueban por medio de la máquina de Atwood, pero no cómo de la observación de la caída de los cuerpos se ha llegado á establecer una ley. Nos han enseñado cómo de la hipótesis de Symer se deducen toda la serie de los fenómenos que constituyen la elec-

tricidad estática, pero no nos han hecho ver cómo de la observación de los fenómenos generales de la electricidad se ha llegado al establecimiento de dicha hipótesis. Nos han enseñado sintéticamente, aplicando el procedimiento deductivo, una ciencia eminentemente analítica que se forma por inducción y no hemos podido dar un paso sin llevar un guía ó tropezar y caer.

Hoy que por fortuna se ha iniciado en nuestra patria un movimiento científico que es imposible desconocer, en cuyo movimiento han tomado no pequeña parte los que á las ciencias físicas se dedican, creemos de la mayor importancia llamar su atención sobre este que consideramos trascendentalísimo punto. No nos faltan hombres de reconocido saber ni jóvenes con la aptitud suficiente para esta clase de estudios que penetrándose de la índole de los mismos contribuyan con los primeros á colocarnos á la altura que nuestra importancia reclama. Expongamos, pues, los medios de adquirir los conocimientos en las ciencias físicas, haciendo al mismo tiempo algunas escursiones históricas que vendrán como en apoyo de las afirmaciones á que nos conduzca la investigación de aquellos; pero ante todo es indispensable fijar el objeto de tales ciencias lo cual procuraremos hacer en pocas palabras.

La Física y la Química tienen el objeto común de estudiar las propiedades de la materia, pero la extensión de este estudio ha hecho necesario un fraccionamiento de tan larga serie de conocimientos, dando así lugar á las dos ciencias citadas, que en el fondo forman una sola y cuyas conexiones más patentes cada día han de acabar por borrar las diferencias que hoy las caracterizan y que vamos á exponer. La Química estudia el individuo en sí mismo y en sus relaciones con los demás siempre que de su contacto resulte una modificación de su manera de ser: trata de fraccionarle y determinar el conjunto de caracteres que constituyen lo que pudiéramos llamar la filiación de cada uno de los elementos que le formaban. A su vez serán estos descompuestos con el propio fin, si los medios de que dispone se lo permiten: si no lo consigue, les llama cuerpos simples y busca las diferentes combinaciones que con los de la misma especie conocidos de antemano pueden formar, y obtiene un conjunto de propiedades que, con las impresiones que sobre nuestros sentidos produce su presencia, nos permiten reconocerle en todas las ocasiones, cualquiera que sea la forma bajo la cual se presenten á nuestra vista — La Física por su parte prescinde de las modificaciones que la composición de los cuerpos pueda sufrir y se dedica al conocimiento de todas las acciones que no imprimen ninguna transformación íntima á la materia; empieza por estudiar las propiedades, que por ser comunes á todos los cuerpos, sin distinción de ninguna especie, denomina generales; los en-

cuentra afectando tres estados diferentes y estudia las propiedades particulares de cada uno de ellos, el estado sólido, el líquido y el gaseoso; observa despues otra série de fenómenos que se presentan accidentalmente en los cuerpos, trata de averiguar la causa que los produce, y en la imposibilidad de referirlos á una sola, los divide en cuatro grandes grupos que suponen otras tantas causas desconocidas, calor, luz, magnetismo y electricidad, que aunque distintas están íntimamente ligadas entre sí y tal vez no lejano el día en que desaparezean estas y otras denominaciones parciales que los conocimientos modernos están en vias de aproximar para no ver sino diferentes manifestaciones de una causa única en su esencia, aunque distinta en la forma.

Como se ve se trata del conocimiento de hechos sobre los que nada puede decirnos la razon por sí sola, siendo la observacion con la experiencia las que han de suministrarnos los datos necesarios á la constitucion de las ciencias con propiedad llamadas de observacion. Incompleto no obstante sería este trabajo si solo de ambos medios de adquirir conocimientos se tratara, pues que por sí solos no bastan á dar á sus resultados la unidad que debe caracterizar á la ciencia toda y á cada una de sus partes y que solo por un trabajo de nuestro espíritu podemos realizar; que si al procedimiento analítico toca aportar por intuicion los elementos fundamentales del conocimiento científico, á la razon le está reservado el sintético para completarlo. Mas para conseguirlo es necesario metodizar el trabajo y bajo este punto de vista se hace preciso que á la par que del origen de los conocimientos se hable del método que debe presidir á su adquisicion.

II.

IDEA GENERAL DEL MÉTODO.

El método es la ciencia del arte de obrar, la ciencia de las leyes de la razon, y el pensamiento que á él se ajuste podrá avanzar, siquiera sea lentamente, de lo conocido á lo desconocido y llegar á la nocion exacta de todo aquello que sea susceptible de conocerse sin que la duda y la vacilacion se interpongan en su camino para hacerle desmayar en su empresa, ó desviarle de la senda de la verdad que debe ser su derrotero. Pero el método exige de quien lo emplee condiciones especiales; debe despojar su espíritu de toda preocupacion y de todo perjuicio y no afirmar sino aquellas proposiciones tan evidentes que no se las pueda rehusar sin sentir reproches de la razon, y de aquí que se distinguan en el método dos partes distintas; una la critica, negativa, necesaria, absolutamente indispensable, si hemos de ver las cosas tales cuales son, que

es como únicamente debemos verlas; la otra positiva, dogmática y en cuya composición entran dos partes distintas relativas á los dos medios por los que el espíritu humano puede llegar al conocimiento de la verdad, la intuición y la deducción, el procedimiento analítico y el sintético. El primero conduce al conocimiento de la realidad tal cual es sin preocuparse de su causa, y el procedimiento deductivo indica cómo deben ser las cosas partiendo de las causas que las producen. Estas dos partes que pueden aplicarse separadamente á un mismo objeto no se excluyen, sin embargo, sino que, antes al contrario, cuando aplicadas aisladamente conducen á un mismo resultado, llevan al espíritu el convencimiento íntimo de la posesión de la verdad como resultado único de los dos caminos que para su conocimiento pueden seguirse.

La aplicación del método exige por otra parte la observación de sus reglas generales que no son otras que las leyes de la razón y las condiciones á que deben someterse las operaciones del entendimiento en su forma científica. Para seguir una marcha metódica es preciso desenvolver el objeto en la unidad de su esencia; de aquí la ley de la tésis que prescribe se dé la definición precisa y tan completa como sea posible de la ciencia, para que el espíritu pueda abrazar de una sola ojeada todas las cuestiones particulares que se ligan á su objeto. A este trabajo debe seguir el de la división natural de la ciencia con arreglo á sus caracteres esenciales, despojándola de lo inútil sin omitir lo importante; de aquí la segunda ley, la ley de la antítesis. Por fin determinar el objeto de la ciencia en la relación de las diversas partes entre sí y de cada parte con el todo, ligar cada verdad parcial á su principio, demostrar todo lo que sea susceptible de demostración y exponer el estado presente de la cuestión corresponde á la síntesis como tercera ley á que debe sujetarse el método.

Expuestas estas consideraciones generales acerca del método tratemos brevemente de sus procedimientos integrales, porque su estudio ha de conducirnos naturalmente á hablar de los dos grandes medios de adquirir conocimientos en las ciencias de la Naturaleza; la observación y la experiencia, al mismo tiempo que nos dará la base indispensable para la exposición del modo de constituir la ciencia.

III.

ANÁLISIS.

El análisis, según se ha indicado, tiene por objeto la intuición ó percepción de las cosas consideradas en sí haciendo abstracción de sus prin-

cipios; examinar una á una todas las propiedades, todas las partes, todas las relaciones del objeto que se le somete. Al analizar observamos y experimentamos, aprendemos á generalizar y combinar y al determinar las propiedades, los elementos y las relaciones de los objetos penetramos en el misterio de su origen, de su formacion y de su naturaleza íntima. El análisis debe proceder libremente, sin más guía que la evidencia, sin cuidarse de la trascendencia de sus deducciones, sin obedecer á opiniones preconcebidas que pudieran forzarlo á ver las cosas bajo un aspecto determinado. Es indispensable á la constitucion de las ciencias, puesto que las primeras nociones de las cosas solo por intuicion pueden adquirirse y toda ciencia requiere principios que le sirvan de base para su desarrollo. La marcha del análisis es ascendente, se remonta de lo individual á lo general, de lo general á lo absoluto, no demuestra, confirma ó comprueba hechos bajo la reserva de que el Universo se halla regido por leyes constantes y por tanto sus resultados no pasan de ser verosímiles hasta el momento en que la síntesis, partiendo de los principios que aquella le suministra, deduce las consecuencias que encierran y las halla conforme con las apariencias.

El análisis contiene dos partes distintas; la observacion y la generalizacion. La observacion comprende nuestros conocimientos sensibles y la generalizacion los abstractos.

A). OBSERVACION. Observar es estudiar los hechos en sí bajo todos sus aspectos y en todos sus detalles. La observacion debe describir exacta y minuciosamente el objeto observado, presentar un cuadro completo de todas sus propiedades, designar sus relaciones y comparar todos los elementos entre sí. Pero la observacion en las ciencias físicas es una de las más difíciles empresas que puedan acometerse. La observacion no es un exámen superficial al alcance de todo el mundo: es el exámen minucioso del hombre experimentado en esta clase de trabajos y provisto de instrumentos apropiados al efecto; solo así puede prestar servicios á la ciencia. El gran problema de la observacion consiste en medir; todo fenómeno es un movimiento; medir el tiempo ó el espacio, ó medir ambos á la vez, comparar los movimientos entre sí ó sus efectos, medir en muchos casos y siempre con exactitud es cuanto hay que hacer en esta clase de estudios para adquirir los datos indispensables á la constitucion de las ciencias.—Descubrir un hecho nuevo es proponer un nuevo problema cuya resolucion podrá ser de grandes resultados; pero descubrir su medida ó un aparato que permita verificarlos con exactitud es llevar la luz á un número de hechos que yacian en la oscuridad, es hacer una revolucion en el mundo científico, presentando gran número de los mismos bajo un aspecto nuevo, poniéndolos en inmediata relacion con otros muchos tent-

dos hasta entónces como completamente independientes de los primeros. El día que se ha empezado á medir es el día que se ha dado forma á la ciencia. La alquimia empezó á ser una ciencia el día en que se introdujo la balanza en su estudio. La Física dejó de ser una concepcion utópica de un filósofo ó un poeta el día que se dedicó á medir, y solo entónces pudo adelantar en algunos años lo que no hiciera en muchos siglos. Escoger la unidad de medida, descubrir un instrumento que permita medir con exactitud; hé aquí lo que se exige para observar con fruto, hé aquí la fuente principal de los conocimientos físicos.

La observacion recae sobre los fenómenos naturales que se suceden independientemente de nuestra voluntad, y el estudio de estos fenómenos no es el que más servicios presta á la ciencia. Resultado las más de las veces de acciones complejas de varias causas es difícil ó imposible averiguar la parte que á cada una le corresponde en el resultado final; y la comparacion, último término de la observacion se hace imposible, inutilizando así todos nuestros esfuerzos. Pero el hombre ha aprendido á poner en juego y dirigir las acciones de las fuerzas naturales, creando la experimentacion, fuente inagotable á la que deben estas ciencias su estado presente y de la que aún les queda mucho que esperar. Colocados los cuerpos en circunstancias determinadas de antemano, sometiéndolos á la accion simultánea ó separada de los diferentes agentes físicos vé surgir un sinnúmero de fenómenos conocidos unos, desconocidos otros, que son objeto de la observacion, amplificando unas veces los resultados para apreciarlos mejor, reproduciéndolos otras en menor escala para patentizar la causa de los que, observados tales como nos los presenta la Naturaleza, no son susceptibles de una reproduccion exacta.

Los alquimistas fundaron sin sospecharlo este gran método de investigacion, sometiendo toda clase de sustancias á causas diversas con el objeto de llegar á un resultado que no lograron, pero que dió origen al conocimiento, aunque incompleto, por cuanto la observacion sólo versaba sobre la cualidad y no sobre la cantidad, de una multitud de cuerpos hasta entónces completamente ignorados. La experimentacion, no obstante, estaria léjos de dar resultados tan importantes sin el descubrimiento de instrumentos que cada día vienen en su ayuda, permitiendo unas veces la produccion de fenómenos nuevos, midiendo otras efectos, hasta entónces mal apreciados.

Las leyes de la caída libre de los cuerpos no hubieran podido determinarse por la simple observacion del fenómeno, tanto por la rapidez con que se verifica cuanto por la influencia perturbatriz del aire, mientras que separadas estas dos causas y modificada á nuestra voluntad la accion de la gravedad, sin que el movimiento sufra la menor alteracion

en su esencia, los hacemos caer con más ó ménos rapidez, segun nuestro antojo, y ya á impulsos de dicha accion, ya en virtud de la velocidad adquirida hasta un momento determinado de antemano. De esta variedad de circunstancias en que se produce el fenómeno, nace la facilidad de hallar las relaciones que ligan las diferentes cantidades espacio, tiempo y aceleracion que constituyen sus accidentes. Sin la máquina eléctrica producto de una série de experimentaciones sobre un fenómeno á primera vista insignificante, no hubiéramos llegado á conocer ese conjunto de fenómenos eléctricos que constituyen una de las partes de la Física de mayores resultados prácticos y de la que nadie puede prever lo que aún ha de esperarse. La observacion de multitud de fenómenos que la Naturaleza no había mostrado al hombre y de otros semejantes á muchos que hasta entónces había contemplado sin poder adivinar su causa inmediata, le pusieron en camino de llegar en un corto número de años á obligar al rayo á seguir una marcha determinada y á hacer de lo que fuera elemento de destruccion al débil auxiliar, que se encargó de transmitir sus ideas en un tiempo inapreciable á distancias inmensas. Sin el barómetro no hubiera llegado á medir la presion atmosférica y por consiguiente el conocimiento de los innumerables fenómenos que de ella dependen seria incompleto. Basta lo expuesto para que se comprendan los servicios que la observacion y experimentacion han prestado á la ciencia, lo que de ellas puede esperarse y cómo, en sustitucion á la rutina, causas ocultas y principio de autoridad en materia científica, han influido en la independencia y dignidad de la raza humana. Considerados no obstante los resultados de la observacion y experimentacion bajo el punto de vista individual están lejos de ofrecer el interés que acabamos de concederle y solamente cuando de ellas podamos deducir una ley, un principio aplicable á todos los fenómenos de la misma naturaleza es cuando haremos una verdadera conquista para la ciencia. Este trabajo particular de nuestro espíritu, constituye la generalizacion como segunda parte del conocimiento analítico.

B) GENERALIZACION. La generalizacion sucede á la observacion en la evolucion metódica del pensamiento, por cuanto, mediante ella, nos elevamos de la nocion de los hechos particulares suministrados por los sentidos á la especie, género ó clase que comprenden todos los hechos en su extension. La especie deja de ser un objeto de intuicion para convertirse en un conjunto de propiedades, desprendidas de los individuos por un trabajo de abstraccion, que conduce á una nocion superior, base del género formado por la eliminacion de las cualidades individuales y reunion de las comunes á los objetos que lo forman. De aquí la primera ventaja de la generalizacion. La observacion y la experimentacion

empiezan por dar á conocer una multitud de fenómenos particulares que no constituyen otra cosa que un conjunto informe de conocimientos aislados incapaces de constituir la ciencia: pero un estudio atento de cuadro completo de sus propiedades y relaciones, entre los elementos que los caracterizan, permite consignar en muchos casos una constancia de relacion entre dos ó más de dichos elementos que, comprobada sobre un número suficiente de casos distintos, se traduce por una ley física, que forma el carácter peculiar de aquella clase de fenómenos á que se refiere. Así, por ejemplo, estudiando la accion, que una fuerza constante produce obrando sobre un cuerpo de una manera continua, observamos que la relacion entre los espacios y los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos es constante, cualquiera que sea la fuerza y en cualquier momento que se considere el movimiento. Generalizando este resultado sentamos una primera ley de esta clase de movimientos diciendo: «En todo movimiento producido por una fuerza constante, que obra de una manera continua sobre un cuerpo, los espacios son proporcionales á los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos.» Si además se mide la velocidad en distintos momentos y en varios casos, y se encuentra que esta es proporcional al tiempo trascurrido, desde el momento en que se inició el movimiento, se sienta una segunda ley relativa á esta clase de fenómenos que con la primera sirve para determinarlos, constituyendo los caracteres genéricos del movimiento uniformemente variado. Pero no es esto todo. Si á estas nociones abstractas que constituyen estas primeras agrupaciones, que podemos llamar géneros, se aplica el mismo procedimiento de eliminacion de propiedades particulares y reunion de las comunes formaremos un grupo superior que comprenderá un mayor número de hechos ó individuos si bien con un conjunto de propiedades comunes más limitado. Prosiguiendo de este modo es cómo se llega á obtener el resultado más importante de la generalizacion que consiste en la definicion y division experimental, formas orgánicas del conocimiento científico. De aquí el decir que la generalizacion es la llave de las ciencias por la que estas presentan el Universo no ya como un caos sino bajo el aspecto de un todo armónico regido por leyes generales. Expuestas las ventajas de la generalizacion es preciso que se indiquen sus límites y sus inconvenientes. Para alcanzar el mayor grado de certeza deberá extenderse la observacion á todos los casos posibles y esto es evidentemente impracticable. Obligada á aplicar á un número de casos, la mayor parte de las veces infinito, lo que la observacion no ha podido confirmar sino en un número limitado de los mismos, sus condiciones están sujetas á error; y si á esto añadimos la posibilidad de haber observado mal, fácilmente se comprenderá que sus

conclusiones no deben ser admitidas como ciertas sino á reserva de una comprobacion ulterior, y s6lamente bajo esta condicion Mariotte, enunciando su ley de compresibilidad de los gases, Guy-Lusac, la de su dilatacion y Newton, la del enfriamiento de los cuerpos, entre otros ejemplos que pudieron citarse, vienen en apoyo de nuestras aserciones.

Si todas las leyes de una ciencia fueran conocidas, el m6todo analítico habria cesado en su cometido y la síntesis se encargaría de completarlas deduciendo todas las consecuencias posibles de los principios establecidos; y la experimentacion, como la observacion, no tendria otro objeto que el de comprobarlas para hacer re-altar más la exactitud de los mismos; pero como no se llega fácilmente á este resultado para la mayor parte de la ciencia, y como nuestro espíritu manifiesta una tendencia marcada á explicarlo todo y á inventar una explicacion cuando no le es dado conocer la verdadera causa de los hechos, resulta de aquí un procedimiento que aunque no muy legítimo está admitido en la mayor parte de las ciencias especialmente en las de observacion como las que nos ocupan y que consiste en la formacion de hipótesis.

Cuando se conoce una causa nada más sencillo en general que descender á una explicacion l6gica de sus efectos; así, conocida la presion atmosférica se explica perfectamente la ascencion de un líquido en un espacio vacío y hasta qué limite; pero si del conocimiento del efecto queremos remontarnos al de la causa que lo produce nos proponemos una empresa harto difícil y expuesta á numerosas causas de error, pues que entre los infinitos medios que nuestra imaginacion pueda sugerirnos para llegar á este fin no es fácil atinar con el único verdadero; y esto sucedió entre otros varios ejemplos que pudiéramos citar, á los que antes de conocer la existencia de la presion atmosférica explicaron el fenómeno arriba mencionado admitiendo el horror al vacío como su causa determinante. La hipótesis, pues, consiste en un juicio probable admitido provisionalmente para la explicacion de una série de fenómenos y su uso indica siempre conocimientos incompletos en aquella parte de la ciencia á que se aplica.

Las hipótesis no pueden ménos de ser provisionales, pues que la única condicion que se les exige es la de ser posibles y que se presten, sin contradecir á las leyes comprobadas, á la explicacion de los fenómenos conocidos hasta ent6nces. Si un trabajo particular descubre otro nuevo de la misma índole que no cabe dentro de la hipótesis establecida, si el conocimiento más exacto de otro conduce á contradiccion entre la esencia de la causa supuesta y la realidad de los hechos considerados como efectos de aquella hay necesidad de desechar ó modificar por lo ménos la hipótesis admitida hasta ent6nces.

Las hipótesis prestan servicios á las ciencias, por cuanto admitidas

como principios ciertos, aunque de una manera provisional, pueden, por un procedimiento sintético, conducir á la explicacion de muchos fenómenos y aún al descubrimiento de nuevas verdades. Esto sucede por ejemplo con la hipótesis que hace de la luz un movimiento vibratorio; admitido este principio el cálculo deduce como consecuencia del mismo todos los fenómenos ópticos tales y como la observacion los halla en la Naturaleza y sólo necesita la confirmacion de la existencia del éter para pasar de ser una probabilidad á ser certeza, de mera hipótesis á verdad confirmada, y á este título sólomente es como se admiten hoy las hipótesis

Estas son fáciles de establecer en los primeros tiempos de la ciencia, cuando el número de hechos que han de ligar es pequeño y su conocimiento superficial las más de las veces; pero á medida que avanzan las hipótesis van cayendo en descrédito y su institucion se hace más difícil. Por eso vemos que se imaginaron cuatro fluidos para explicar los fenómenos del calor, luz, electricidad y magnetismo, dotados de las propiedades necesarias para prestarse á la explicacion de los fenómenos respectivos hasta entónces conocidos; pero el equivalente mecánico del calor fué el golpe contundente que hizo desaparecer de la escena el calórico, la medida de la velocidad de la luz en diferentes medios y el fenómeno de las interferencias principalmente anularon el ente único, la electricidad ha absorbido al magnetismo y las íntimas relaciones que cada dia se descubren entre todos los fenómenos naturales, hacen preveer en un tiempo no lejano la misma suerte para el fluido eléctrico que aún no ha hallado quien le sustituya ventajosamente.

Expuestas las anteriores consideraciones sobre el conocimiento analítico, base fundamental de todas las ciencias y en particular de las que forman nuestro objeto, falta completar el trabajo tratando del procedimiento sintético que forma con el primero las fuentes naturales del conocimiento en toda su generalidad, y luego compararlos para deducir la insuficiencia de cada uno de ellos apoyada ya por el razonamiento, ya por los datos que la historia nos suministre.

IV.

SÍNTESIS.

La necesidad de la síntesis para la constitucion de la ciencia se desprende de lo que acabamos de decir relativamente á los resultados á que

nos conduce el análisis. En efecto, hemos visto que por él llegamos á sentar principios que no pueden aspirar á otra cosa que á pasar como probables, pues que nos vemos precisados á aplicarlos á todos los tiempos y lugares cuando no los hemos podido comprobar sino dentro de los estrechos límites de la observacion. Si, por el contrario, partiendo del principio deducimos la necesidad de que los hechos pasen de cierto modo y éste está conforme con la realidad observada y nos conduce á descubrir otros no conocidos igualmente confirmados más tarde por el análisis, podemos ya asegurar que estamos en posesion de la verdad y de la verdad organizada, que es lo que constituye el conocimiento científico. La síntesis viene á llenar los espacios vacíos que deja el análisis en sus trabajos, cambia el estado de la cuestion comprobando bajo el punto de vista del objeto el valor de nuestros juicios sobre las cosas y procede de distinto modo que el análisis; no se trata ya de ver como en este último, sino de razonar, tampoco de lo que es ó parece ser sino de lo que debe ser, no parte de hechos ó cosas sino de principios; su procedimiento es la deduccion y se desenvuelve por el sólo esfuerzo del raciocinio.

La aplicacion de la síntesis en las ciencias es una prueba ó indicio seguro de que estas marchan á su constitucion definitiva y se puede juzgar de lo que han andado en este camino por el mayor ó menor uso que de ella hagan; bien entendido que para que su aplicacion signifique todo esto, es preciso que el análisis haya aportado antes los materiales necesarios para llegar á sentar principios fijos que le sirvan como de base ó punto de partida, pues de lo contrario no haríamos otra cosa que aplicar el procedimiento deductivo, que es la marcha de la síntesis; pero habiendo partido de un principio hipotético, las conclusiones carecerían del carácter de necesarias, que distingue á las sintéticas.

La Física no ha llegado aún á poder aplicar la síntesis como procedimiento general, pero la aplica á una multitud de cuestiones particulares. Sentado, por ejemplo, el principio de la igualdad de los ángulos de incidencia y reflexion de la luz, no necesito preguntar á la observacion qué resultará de este hecho sobre un espejo de forma determinada. Es tal la importancia de su aplicacion y tal la de sus resultados que, segun hemos dicho, se apela al procedimiento deductivo, aún partiendo de principios hipotéticos, y todos los esfuerzos de los físicos concurren hoy á un mismo punto, á hacer más patente cada día el gran principio de la unidad de las fuerzas físicas que destruyendo la division artificial de fenómenos caloríficos, luminosos, etc. hoy usada, los comprenda á todos bajo una denominacion comun, como resultados diversos de una causa universal; porque en ese día todos los conocimientos hoy dispersos con-

currirían á un mismo fin: á suministrar multitud de principios fijos sobre la causa de la marcha entera del Universo, y la Física se completaría alcanzando la categoría de racional: las Matemáticas serían su instrumento por medio del cual transformaría las leyes, siempre sencillas, en fórmulas algébricas y de su discusión brotaría el sistema entero del Universo, poniendo de manifiesto multitud de fenómenos cuya existencia no sospechamos hoy siquiera, y la torcida interpretación que á otros se ha dado, concluyendo, en fin, con el reinado de la duda para empezar una nueva era en que nada se opondría al descubrimiento de lo que al presente miramos como insólvables misterios, juzgando temeraria la empresa del que se propone aborlarlos de frente.

Y tamaño beneficio no fluiría únicamente sobre una ciencia determinada sino que alcanzaría por igual á todas, que no podrían seguir aisladas y se refundirían en una sóla, comprendiendo los conocimientos todos del hombre en el órden moral como en el físico.

Si la Física no ha podido aún aplicar la síntesis más que á un reducido número de cuestiones, y sólo en la Óptica y como un ensayo, podemos ver lo que de ella puede esperarse, por su parte la Química no ha llegado siquiera á igualarla, vanagloriándose apénas con otras leyes que las de las proporciones múltiples, las cuales si han aportado algunas ideas sobre la constitucion de la materia no han impedido sin embargo que la ciencia se haya declarado impotente hasta la fecha para la comprobacion de sus conclusiones: de lo que resulta el conocimiento incompleto, como acontece siempre que el análisis y la síntesis no pueden aplicarse á un mismo objeto para comprobarse mutuamente y engendrar en el ánimo la certeza. Y esto nos conduce á discurrir algo sobre la última operacion de la adquisicion metódica de los conocimientos llamada construccion.

V.

CONSTRUCCION.

Es la construccion la combinacion del análisis y de la síntesis y resulta de la comparacion de los resultados obtenidos por cada uno de estos procedimientos aplicados á un mismo objeto para comprobar el uno por otro. Se desprende de lo expuesto que el análisis y la síntesis difieren esencialmente por su punto de partida, por su marcha y por su término; y bastará que fijemos la atencion en estas diferencias, para poner de relieve la insuficiencia de cada uno de los dos procedimientos y la utilidad de la construccion. En efecto: el análisis parte de

los hechos individuales y su marcha es ascendente, elevándose hasta sentar un principio generalizado de cuya exactitud no puede responderse: la síntesis, por el contrario, parte de un principio, su marcha es descendente y su término es el sujeto del conocimiento. Los dos procedimientos recorren la misma serie de objetos pero en sentido inverso, el uno presentándonos las cosas tales cuales son, y el otro tal como deben ser. El análisis puede inducirnos á error porque nuestros sentidos no siempre aprecian las cosas en su verdadero valor y sus resultados pueden ser un sistema de ilusiones de la imaginación y de la razón. La síntesis es un sistema de deducciones objetivas que tal vez no tengan ninguna aplicación al mundo real y sus deducciones, si bien tienen el carácter de necesarias y universales, se hallan formuladas de una manera vaga é indeterminada que hay necesidad de interpretar en la mayor parte de los casos. En el análisis falta el principio y no cabe demostración legítima: en la síntesis no hay intuición y desconocemos los seres ó propiedades que sus deducciones nos anuncian. Sólo la combinación de los dos procedimientos puede llenar los vacíos del análisis y preservarnos de los extravíos del pensamiento. Si el análisis se lleva á cabo con circunspección, no necesita para constituir la ciencia mas que un principio que ligue sus elementos dispersos y cuyas consecuencias servirán para medir el valor de nuestras intuiciones y hacernos ver si son engañosas ó imágenes fieles de la realidad; esta es la síntesis. Si la síntesis se desarrolla en forma de teoremas regularmente encadenados no necesita más que el espectáculo del Universo real para comprobar si los hechos son como deben ser con arreglo al principio de que se partió: el análisis. Uno y otro pues, se completan y sus resultados adquieren por la construcción el carácter de certeza que ninguno de los dos puede prestarles por sí solo, constituyendo de este modo el sistema completo de la ciencia. En la construcción pueden distinguirse tres tiempos ú operaciones distintas: la comparación, la aplicación y la comprobación. El análisis nos da una serie de nociones sobre todos los objetos fundamentales del pensamiento; la síntesis deduce las consecuencias encerradas en el principio y produce otra serie de nociones; hecha una deducción, debe comprobarse el resultado de la síntesis con los del análisis para ver si hay alguna noción analítica que corresponda á la sintética deducida; aplicar luego la intuición que se encuentra á la deducción obtenida y finalmente comprobar si la coincidencia es completa bajo todos aspectos.

Un ejemplo célebre en la historia de las ciencias físicas podrá poner de manifiesto cuanto acabamos de decir sobre las diferentes operaciones que constituyen las fuentes del conocimiento en las mismas. Sabido es que

la marcha de los astros es una de las cuestiones que primero preocuparon al hombre, que de antiguo tenía algunos datos suministrados por la observación, tal como era posible en aquellos tiempos, que, si no bastaban á calcular exactamente su movimiento, le permitían formarse una idea aproximada del mismo, sirviéndole de base para formular algunos sistemas sin valor alguno por cuanto, faltos de una base experimental, eran simplemente el producto de la fantasía de sus autores, que obedeciendo á la necesidad de su espíritu, trataban de sentar principios sin que la observación les hubiera dado los elementos necesarios para ello. Sabido es que Ptolomeo y Copérnico habían adoptado dos sistemas opuestos, en los que el primero suponía fija la tierra como centro del sistema planetario, mientras que el segundo, por el contrario, anunció el doble movimiento de ésta al rededor del sol y sobre su eje, tal como hoy sabemos que sucede de una manera positiva. ¿Pero es esto decir que el sistema de Copérnico, aunque cierto, tuviera el valor de una verdad real? Ciertamente que no y preciso es confesar que, ántes de los trabajos de Kepler, tanto valía uno como otro sistema, pues que los dos eran el fruto de la imaginación de sus autores y no pasa de ser una coincidencia extraña el que por tal camino se llegue á formular una verdad, destinada á confirmarse más ó menos tarde. Y el valor de la verdad así enunciada lo prueba, en este caso, la conducta de Tycho-Brahe, uno de los fundadores de la ciencia astronómica, quien en presencia de ambas hipótesis, acabó por adoptar un tercer sistema en el que privaba á la tierra de su movimiento, haciendo girar al sol y la luna al rededor de la misma, mientras admitía el de los demás, Mercurio, Venus, Marte, etc. al rededor del sol. No fué un obstáculo tan original sistema á que Tycho-Brahe acumulara tal número de datos relativos á la marcha de los planetas que abriera el camino á Kepler para llegar á sentar las tres grandes leyes que rigen estos movimientos. Empezó Kepler por reunir las observaciones de Tycho-Brahe con las suyas sobre el movimiento del planeta Marte y vino á deducir que la órbita descrita por éste no era circular como había creído, y sólo después de un trabajo ímprobo, pudo conocer que el camino descrito es una elipse de la que el sol ocupa uno de los focos, y como consecuencia, que las áreas descritas por el radio vector son iguales en tiempos iguales.

Quedaban así sentadas dos leyes importantes, pero faltaba hallar una relación que ligara los tiempos empleados en recorrer las órbitas con los diámetros de las mismas, y aunque después de grandes esfuerzos, logró fijarla en la tercera ley: los cuadrados de los tiempos de revolución de los planetas son proporcionales á los cubos de los grandes ejes de las órbitas. El análisis estaba á punto de terminar su obra; el que había mos-

trado tanta sagacidad en la interpretacion de los hechos, el que llegó á determinar la marcha de los planetas con tal exactitud, estaba próximo á conocer el principio de donde derivan sus leyes y, sin embargo, no lo hizo, siguiendo á sus contemporáneos en las ideas sobre la causa de los movimientos que tan bien acababa de determinar. Y es que la observacion no habia aún reunido suficiente número de datos para llegar por induccion al conocimiento de dicha causa, y cuando más hubiera podido presentirla y enunciarla como una hipótesis. Esta obra estaba reservada á Newton que á su genio añadió los trabajos de Kepler, los de Galileo sobre la caida de los cuerpos graves y los de Huyghens sobre las leyes del péndulo y la fuerza centrífuga: con todos cuyos elementos llegó á la siguiente determinacion. De la ley de las áreas dedujo la necesidad de una fuerza que obrara en la direccion del sol; de la forma de las órbitas infirió que esta fuerza variaba de un punto á otro en razon inversa del cuadrado de las distancias; y finalmente la tercera de las leyes de Kepler le permitió comparar la fuerza de atraccion de los diferentes planetas, y deducir que era proporcional al producto de las masas á distancias iguales. El análisis habia dicho su última palabra, pero su obra no estaba completa, faltaba la sancion de la síntesis y el mismo Newton se encargó de llevarla á cabo.—La síntesis conduce á las leyes de Kepler como consecuencia del principio sentado por Newton, y éste empezó la comprobacion de los resultados intuitivos y deductivos, construccion, para el caso particular de la luna y la tierra. Conocida la gravedad en la superficie de ésta determinar si, con arreglo á las leyes de Newton, resulta como necesaria la marcha ya conocida en la primera. Tal fué el objeto de esta primera operacion, que debia confirmar ó destruir tanto trabajo acumulado en el estudio de que tratamos. El primer resultado comprometió gravemente la empresa, porque no conociendo sino de un modo aproximado el valor del radio terrestre, tomado por unidad de medida en el desarrollo del cálculo que debia desenvolver las consecuencias del principio sentado, estas no coincidian con la realidad y la síntesis echaba al suelo todos los esfuerzos, hechos para conseguir la nocion del principio que presidia al movimiento del Universo entero y que se habia creido poseer. Medido más tarde dicho radio con exactitud, emprendió nuevamente sus trabajos partiendo de esta ulterior base y el resultado más satisfactorio coronó su empresa. La síntesis deducia como necesario, lo que la observacion le habia mostrado como real, y el conocimiento estaba hecho é invariablemente fijado por la construccion, pues que no fué esta sólo la confirmacion hallada. La forma de la tierra aplastada en sentido de los polos contra la creencia entónces general, el flujo y refu-

jo de los mares por la atracción del sol y de la luna y la precisión de los equinoccios, entre otras, fueron las consecuencias deducidas por la síntesis y perfectamente comprobadas por el análisis, que pusieron de manifiesto la exactitud del conocimiento adquirido. Cuantas dudas han venido á suscitarse más tarde han sido resueltas favorablemente por el cálculo á medida que éste ha adquirido mayor desarrollo y ha permitido resolver los graves problemas de la mecánica celeste. La ciencia está hecha definitiva é invariablemente en este punto y de hoy más podrá enriquecerse con nuevos conocimientos, pero no destruir los existentes, que son inmutables, como las leyes que rigen el Universo de las que son sus consecuencias legítimas y necesarias.

La historia que acabamos de exponer, es la historia de cada una de las partes que componen una ciencia y la de su conjunto. En todas se observa la misma marcha, en sus primeros tiempos se acumulan materiales para la intuición; luego se organizan, se comparan, se deducen leyes hasta sentar principios sólidos que son el punto de partida de la tercera época en que la síntesis y la construcción fijan invariablemente los conocimientos adquiridos y ensanchan el campo de los mismos.

VI.

CONCLUSION.

Si las leyes del método hubieran sido siempre observadas por cuantos han concurrido á la creación de las ciencias físicas, su estado sería hoy distinto. La afición á los estudios abstractos de la Metafísica y la tendencia natural en el hombre á explicarlo todo, indujo desde un principio á los que se dedicaron á su investigación, á sentar principios y establecer sistemas por los que trataban de explicar el mecanismo entero del mundo, que áun hoy suelen citarse, como si hubieran encerrado jamás valor alguno, sin tener en cuenta que muchas veces se fuerza el sentido de sus palabras para hacerles decir lo que nunca sus autores pudieron imaginar, y sin considerar además, que un mismo principio, examinado hoy encierra un gran valor que no podía tener en los primeros tiempos, así como que la gloria toda que de ello resulte no corresponde ni en todo ni en parte al primero que lo enunció como un sueño de su imaginación sino al que lo asentó sobre segura base, haciéndolo brotar de las fuentes naturales de conocimiento con sujeción á las reglas del método. ¿Qué valen los extravagantes sistemas de la cosmogonía antigua? Tales, Anaxímenes, Jenófanes, Heráclito proclaman sucesivamente el agua, el

aire, la tierra y el fuego como elementos de donde procedía todo lo existente. Como no tenían conocimiento alguno completo, como desconocían el método, pretendían explicarlo todo, partiendo de concepciones generales, creando cada cual un Universo en que las cosas pasaban á su gusto, sin cuidarse de comprobar sus infundados asertos. La teoría de los átomos se encuentra entre estas concepciones. Enunciada por Leucipo 500 años antes de nuestra era, y sostenida después por Demócrito que pretendía ver un movimiento de los mismos en todo fenómeno físico, viene á ser como un bosquejo de la hipótesis general hácia la que tienden hoy los físicos modernos; pero ¿hay necesidad de decirlo? Las hipótesis hoy admitidas acerca de la constitución de la materia ¿pueden ponerse en parangón con la de Leucipo? ¿no han tomado estas origen de los trabajos de la Química, de la ley de las proporciones múltiples, siendo así una consecuencia probable de un principio cierto y no una aserción infundada como aquella?

Y en cuanto á la traducción de todo fenómeno físico por un movimiento ¿conocía Demócrito la correlación de las fuerzas físicas y el equivalente mecánico del calor que han dado forma á la hipótesis actual de la unidad de las fuerzas? El principio de Lavoisier de que «nada se pierde ni nada se crea» fué indicado ya por los filósofos de la Grecia y sin embargo, nadie disputará su propiedad á Lavoisier, porque nadie antes que él pudo enunciarlo como una verdad confirmada. En tiempos más modernos, cuando estas ciencias entraban en el verdadero camino, aún podemos observar los mismos juegos de la imaginación, la misma inclinación á las creaciones fantásticas, hasta el punto de que Descartes, considerado como el iniciador de la Física moderna, aún conserva no pocas analogías con Epicuro.

En esta época aparecieron Kepler, Galileo, Newton, Leibnitz, Huyghens y otros que, comprendiendo la necesidad de proceder metódicamente, se dedicaron al estudio de los hechos y su clasificación, prescindiendo por un momento de las hipótesis generales que se hicieron casi imposibles y reduciéndose á emplear algunas parciales que tendían á explicar un número limitado de fenómenos. Resultado de esta nueva marcha fueron los rápidos progresos que en tan corto número de años hicieron las ciencias físicas hasta entónces tan abatidas. Bien que no todo se hizo en la época del Renacimiento, porque, entre el cúmulo de sistemas absurdos legados por la filosofía griega y los no ménos ridículos de la Edad media, se hallaban también algunos conocimientos tanto de Física como de Química, que, aunque esparcidos y mal apreciados constituían un tesoro, que sólo se necesitaba organizar para que sirviera de base á los trabajos su-

cesivos, que si demostraban la falsedad de algunos asentaban en cambio otros sobre sólidas bases haciéndoles participar del carácter veraz que distinguía ya á la ciencia. Por otra parte nada más difícil que sujetarse á las reglas del método; todo el que se dedica al estudio de las Ciencias naturales se vé arrastrado á abarcar de un sólo golpe de vista el conjunto de objetos y hechos que constituyen el universo, á formarse una idea más ó ménos clara del principio que rige tan armónico sistema, así como de los principios parciales destinados á explicar un número de hechos más limitado, llamados fenómenos luminosos, caloríficos, etc.; y estas ideas preconcebidas le guían en todos sus trabajos y le inducen á interpretar los hechos del modo que mejor los armonice con aquellos, áun muchas veces sin sospecharlo.

Así vemos á Newton pararse ante la interpretación de la fuerza que tiende á aproximar dos cuerpos en presencia, limitándose á decir que el hecho pasa del mismo modo que si existiera una atracción universal de la materia sujeta á las leyes que acababa de enunciar; pero absteniéndose de juzgar la causa que tal efecto producía, mientras que por otra parte sostenía con todo el poder de su genio su teoría de la emisión de la luz; no parándose ante la exigencia de acumular hipótesis sobre hipótesis para llegar á la explicación de algunos fenómenos mejor comprendidos por Huyghens y Renel, hasta el punto de recurrir á los mismos átomos de Epicuro y Descartes con sus propiedades inverosímiles. Afortunadamente para la ciencia los desvarios de que hablamos suelen producir ó proceder de polémicas entre las eminencias que las cultivan y sus resultados no son nunca estériles, por cuanto si la teoría es falsa, los hechos quedan y vienen á aumentar los materiales primeros ya que no resulte de ellas algun nuevo modo de considerar ciertos hechos, presentándolos bajo fases distintas, que permitan apreciar lo que hasta entónces había escapado al análisis. Pero calcúlese cuán otro hubiera sido el fruto de tantos esfuerzos como la humanidad ha dedicado á su estudio, si todos los grandes genios se hubieran limitado á aplicar su actividad dentro de los límites que el método les hubiera asignado sin amenguar en nada su entusiasmo y su constancia en el trabajo.

No se crea por lo que acabamos de decir que pensamos en la absoluta posibilidad de semejante metodización del trabajo ni en las edades presentes ni futuras; pretender poner límites tan estrechos al espíritu del hombre sería desconocerlo por completo; mas entre los desvíos accidentales del que lo toma por guía y la marcha incierta del que lo desconoce por completo hay una distancia inmensa; y mientras que los primeros suelen conducir á grandes resultados, nunca los esfuerzos de los que

siguen el último camino hubieran podido servir para constituir la ciencia. Y tal es la causa por que hemos hecho esta rápida excursión histórica acompañada de las reflexiones que nos han parecido oportunas, con el único fin de demostrar los riesgos á que expone una marcha incierta á través de las ciencias como forzosamente ha de serlo la del que no tome por guía el método segun lo hemos expuesto en estas páginas.



SUMARIO.

	<u>Páginas.</u>
Introduccion.	3
Idea general del método.	5
Análisis.	6
Síntesis.	12
Construccion.	14
Conclusion..	18